

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-231227

(43)Date of publication of application : 16.08.2002

(51)Int.Cl.

H01M 4/04
H01M 4/02
H01M 4/58
H01M 10/40
// C01G 51/00

(21)Application number : 2001-089140

(71)Applicant : KOREA ADVANCED INST OF SCI
TECHNOL

(22)Date of filing : 27.03.2001

(72)Inventor : JAI YON RII
SUN CHURU PAKU
KIM KI TAE
YON MUKKU KAN
KIM YOU MIN
KIM HYUN SEOK

(30)Priority

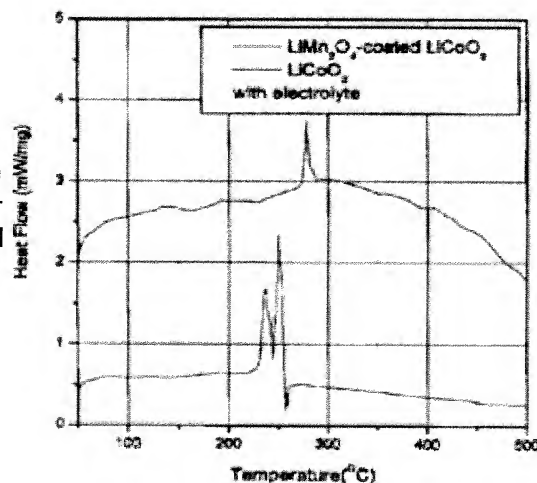
Priority number : 2000 200076942 Priority date : 15.12.2000 Priority country : KR

(54) SURFACE TREATMENT METHOD FOR POSITIVE ELECTRODE LAYER PHASE
STRUCTURE OXIDE FOR LITHIUM SECONDARY BATTERY

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a surface treatment method for a layer phase structure oxide for improving thermal stability of a lithium secondary battery.

SOLUTION: In this surface treatment method for the positive electrode layer phase structure oxide for the lithium secondary battery, the surface of the layer phase structure oxide is treated by coated with lithium transfer metal oxide. The lithium secondary battery manufactured by using the oxide as the active material has the superior thermal stability.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2002-231227
(P2002-231227A)

(43)公開日 平成14年8月16日(2002.8.16)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
H 0 1 M	4/04	H 0 1 M 4/04	A 4 G 0 4 8
	4/02	4/02	C 5 H 0 2 9
	4/58	4/58	5 H 0 5 0
	10/40	10/40	Z
// C 0 1 G	51/00	C 0 1 G 51/00	A
審査請求 有 請求項の数12 O L (全 8 頁)			

(21)出願番号 特願2001-89140(P2001-89140)

(22)出願日 平成13年3月27日(2001.3.27)

(31)優先権主張番号 2 0 0 0 - 7 6 9 4 2

(32)優先日 平成12年12月15日(2000.12.15)

(33)優先権主張国 韓国 (K R)

(71)出願人 592127149

韓国科学技術院

大韓民国大田広城市儒城区九城洞373-1
番地

(72)発明者 ジャイ ヨン リー

大韓民国, デジョン, ユソンク, クソン
ードン 373-1 韓国科学技術院 マテ
リアルズ サイエンス エンジニアリング
部内

(74)代理人 100094145

弁理士 小野 由己男 (外1名)

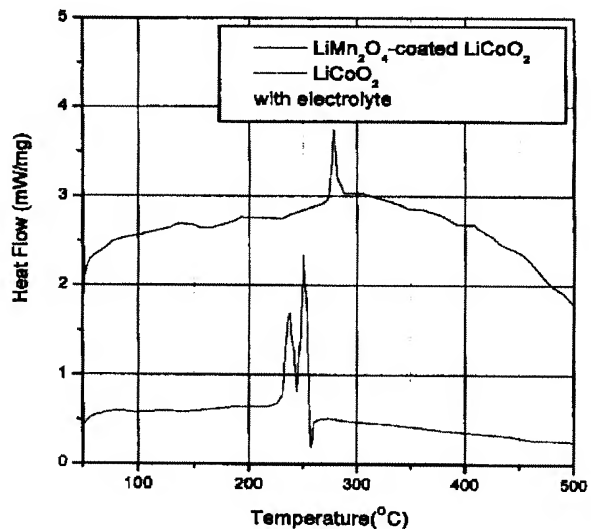
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 リチウム二次電池の正極用層相構造酸化物の表面処理方法

(57)【要約】

【課題】 リチウム二次電池の熱的安定性を改善するための層相構造酸化物の表面処理方法を提供する。

【解決手段】 この方法は、正極用層相構造酸化物の表面処理方法であり、層相構造酸化物の表面をリチウム転移金属酸化物でコーティングするリチウム二次電池の正極用層相構造酸化物の表面処理を行うものである。この酸化物を活物質として製造されたリチウム二次電池は、優れた熱的安定性を有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】リチウム二次電池の正極用層相構造酸化物の表面処理方法において、

前記層相構造酸化物の表面をリチウム転移金属酸化物でコーティングすることを特徴とする、リチウム二次電池の正極用層相構造酸化物の表面処理方法。

【請求項2】前記リチウム転移金属酸化物のコーティング方法は、

コーティングしようとするリチウム転移金属酸化物の原料を定量に称量した後溶媒に溶解し混合する段階と、

前記溶液のpHを調節する段階と、

前記溶液を加熱し濃度を調節する段階と、

前記溶液に層相構造酸化物を入れた後混合する段階と、前記混合された溶液から表面にリチウム転移金属酸化物がコーティングされた層相構造酸化物をろ過する段階と、

こうして得られた前記層相構造酸化物を乾燥した後熱処理する段階と、を含むことを特徴とする、請求項1に記載のリチウム二次電池の正極用層相構造酸化物の表面処理方法。

【請求項3】前記原料は、金属のアセテート系、水酸化物系、硝酸塩系、硫酸塩又は塩化物系を用いることを特徴とする、請求項2に記載のリチウム二次電池の正極用層相構造酸化物の表面処理方法。

【請求項4】前記原料の溶解段階は、蒸留水、アルコールまたはアセトンを用いるか、蒸留水：アルコールの比が1：1～9：1に混合された混合溶液、蒸留水：アセトンの比が1：1～9：1に混合された混合溶液、又はアルコールとアセトンの比が1：1～9：1に混合された混合溶液に溶解することを特徴とする、請求項2に記載のリチウム二次電池の正極用層相構造酸化物の表面処理方法。

【請求項5】前記溶液のpHを5～9に調節することを特徴とする、請求項2に記載のリチウム二次電池の正極用層相構造酸化物の表面処理方法。

【請求項6】前記溶液の濃度を0.1～2モル濃度に調節することを特徴とする、請求項2に記載のリチウム二次電池の正極用層相構造酸化物の表面処理方法。

【請求項7】リチウム転移金属酸化物は、 $\text{LiM}_{1-x}\text{M}_2\text{O}_4$ 、 $\text{LiCo}_{1-x}\text{Al}_x\text{O}_2$ 、 $\text{LiNi}_{1-x}\text{Al}_x\text{O}_2$ 、 $\text{LiNi}_{1-x-y}\text{Co}_x\text{Al}_y\text{O}_2$ 、 $\text{LiNi}_{1-x-y-z}\text{Co}_x\text{M}_1\text{M}_2\text{O}_2$

(ここで、 M_1 及び M_2 はAl、Ni、Co、Fe、Mn、V、Cr、Cu、Ti、W、Ta、Mq、Moからなる群より選択された一種であり、X、Y、Zはそれぞれ酸化物組成元素の原子分率として $0 \leq X < 0.5$ 、 $0 \leq Y < 0.5$ 、 $0 \leq Z < 0.5$ を満足する値)であることを特徴とする、請求項2に記載のリチウム二次電池の正極用層相構造酸化物の表面処理方法。

【請求項8】表面にリチウム転移金属酸化物がコーティングされた層相構造酸化物をろ過する段階の際に、ろ過紙を用いるか又は1000～2000rpmで10～60分の回転によ

り遠心分離させ層相構造酸化物をろ過することを特徴とする、請求項2に記載のリチウム二次電池の正極用層相構造酸化物の表面処理方法。

【請求項9】前記乾燥した後の熱処理は、真空乾燥した後酸素雰囲気又は大気中で500～850℃の温度で3～48時間熱処理することを特徴とする、請求項2に記載のリチウム二次電池の正極用層相構造酸化物の表面処理方法。

【請求項10】前記金属はLi、Ni、Co、Al、Fe、Mn、V、Cr、Cu、Ti、W、Ta、Mq、又はMoであることを特徴とする、請求項2に記載のリチウム二次電池の正極用層相構造酸化物の表面処理方法。

【請求項11】層相構造酸化物は、 $\text{LiCo}_{1-x}\text{M}_x\text{O}_2$ 、 $\text{LiNi}_{1-x}\text{M}_x\text{O}_2$ 、 $\text{LiNi}_{1-x-y}\text{Co}_x\text{M}_y\text{O}_2$

(ここで、 $0 \leq X < 0.5$ 、 $0 \leq Y < 0.5$ であり、MはMq、Sn、Mn、Srからなる群より選択された一種)であることを特徴とする、請求項2に記載のリチウム二次電池の正極用層相構造酸化物の表面処理方法。

【請求項12】前記請求項2の方法によりリチウム転移金属酸化物が表面にコーティングされた層相構造酸化物を正極の活物質として用いるリチウム二次電池。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はリチウム二次電池の正極用層相構造酸化物の表面処理方法に係り、より詳しくは層相構造酸化物の熱的安定性を改善するための表面処理方法に関する。

【0002】

【従来の技術】ノートパソコン、カムコーダー、携帯電話、小型録音機のような携帯用電気機器が急速に発展し、このような携帯用電気機器の需要がだんだん増加するに従って、そのエネルギー源となる電池が次第に重要な問題となっている。このような電池の中で再使用の可能な二次電池の需要は急速に増加しており、特に、このような二次電池の中でリチウム二次電池は高いエネルギー密度及び放電電圧により最も多く研究されており、また常用化もされている。

【0003】リチウム二次電池で最も重要な部分である負極及び正極を構成する物質として用いられる物質には、以下の様な特性が要求される。(1)活物質の価格が低廉であること。(2)高い放電容量を有していること。(3)高いエネルギー密度を得るために使用電圧が高いものであること。(4)長い間使用するために電極寿命が優秀であること。(5)体積当たりのエネルギー密度と質量当たりの最高出力(peak power)を高めるために高い高速放電効率を有すること。

【0004】リチウム二次電池の正極材料として最も早く常用化されたものは、リチウムコバルト酸化物系材料である。リチウムコバルト酸化物系は優秀な電極寿命と高い高速放電効率を有するが、電池が過充電された状態で誤用(ショート、高温保管、電池の破壊等)によって加

熱する場合、リチウムコバルト酸化物と電解質との反応により発熱反応と共に酸素が生成され爆発する危険がある。

【0005】そこで、このような電池爆発の危険を防ぐ安定性を高めるために、実際の電池には過充電を防げる高価なPTC素子だけでなく、電池のキャップ(cap)にベント(vent)を設置し、また充電電圧を低下させ実際に使用可能な容量より小さい容量を用いている。特に、電気自動車用のような大型電池でリチウム二次電池が用いられる場合、電池の安全性は電池開発に最も重要な問題の一つとして注目されている。

【0006】従って、多くの研究者により電池の安全性を向上させようとする研究、即ち、層相構造酸化物の熱的安定性を高めようとする研究が進められてきた。オズク[T. Ohzuku et al., J. of Electrochem. Soc., 142(1995)4033]などはリチウムニッケル酸化物にアルミニウムをニッケルの代わりに置換することにより熱的安定性を向上させ、アライ[H. Arai et al., J. of Electrochem. Soc., 144(1997)3117]などもコバルト、マンガ

10

20

ン、チタニウムをニッケルの代わりに置換し、熱的安定性を向上させている。また、ガオ[Y. Gao et al., Electrochem. and Solid-State Lett., 1(1998)117]などはニッケルをチタニウムとマグネシウムに置換することにより熱的安定性を向上させている。しかし、これら上述の置換方法は容量を減少させる不利点を有する。

【0007】置換法とは違ってクォン[H. J. Kwon et al., Electrochem. and Solid-State Lett., 3(2000)128]などはリチウムニッケルコバルト酸化物の表面にマグネシウム酸化物をコーティングし容量減少を低下させ熱的安定性を増加させている。しかし、この方法も又活

30

物質でない。即ち、充放電をすることが出来ないマグネシウム酸化物をコーティングすることにより正極材の容量減少を誘発させたものである。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明者は前記の問題点を検討し、リチウム二次電池用正極材料として有望なリチウムコバルト酸化物、リチウムニッケル系酸化物などのような層相構造酸化物の表面を、充放電が可能ながら熱的安定性が優秀なリチウムマンガ

40

ン酸化物などのリチウム転移金属酸化物でコーティングすることにより、放電容量の減少が最小化されると共に熱的安定性が改善されるという事実を発見した。

【0009】本発明は、放電容量の減少を最小化させると共に熱的安定性の改善されたリチウム二次電池の正極用層相構造酸化物の表面処理方法の提供を目的とするものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】前記の目的を達成するために、本発明によれば、リチウム二次電池の正極用層相構造酸化物の表面処理方法において、層相構造酸化物の

50

表面をリチウム転移金属酸化物でコーティングすること

を特徴とするリチウム二次電池の正極用層相構造酸化物の表面処理方法が提供される。

【0011】また、本発明によれば、この方法により製造された層相構造酸化物を正極用活物質として用いるリチウム二次電池が提供されることになる。本発明のリチウム転移金属酸化物で層相構造酸化物の表面をコーティングする時に液状反応法を用いてコーティングし、以下のような段階を用いる。

【0012】(1)コーティングしようとするリチウム転移金属酸化物の原料を定量に称量した後溶媒に溶解し混合する段階。

(2)前記溶液のpHを調節する段階。

【0013】(3)前記溶液を加熱することにより濃度を調節する段階。

(4)前記溶液に層相構造酸化物を入れた後混合する段階。

(5)前記混合された溶液から表面にリチウム転移金属酸化物がコーティングされた層相構造酸化物をろ過する段階。

【0014】(6)こうして得られた前記層相構造酸化物を乾燥した後、熱処理する段階。

以下、これら(1)～(6)の段階を具体的に説明する。本発明の層相構造酸化物の表面処理用原料にはリチウムとマンガンの転移金属のアセテート系、水酸化物系、硝酸塩系、硫酸塩又は塩化物系を用いるか、または、コバルト(Co)、アルミニウム(Al)、鉄(Fe)、バナジウム(V)、クロム(Cr)、銅(Cu)、チタン(Ti)、タングステン(W)、タンタル(Ta)、マグネシウム(Mg)又はモリブデン(Mo)などの金属のアセテート系、水酸化物系、硝酸塩系、硫酸塩系又は塩化物系などを用いることができる。

【0015】称量された原料は、80～90℃の蒸留水、アルコール又はアセトンを用いたり、蒸留水：アルコールの比が1：1～9：1に混合された混合溶液、蒸留水：アセトンの比が1：1～9：1に混合された混合溶液、又はアルコールとアセトンの比が1：1～9：1に混合された混合溶液に攪拌機(Stirrer)を用いて溶解した後、グリコール酸、アジピン酸、クエン酸又はプロピオン酸を全金属イオンの1～3倍程添加する。グリコール酸、アジピン酸又はクエン酸を添加した後、塩基であるアンモニア水を添加してpHを5～9になるよう調整する。その後、この溶液を6～12時間80～90℃で還流(reflux)させる。

【0016】その後、蒸留水を蒸発させることにより溶液の濃度を0.1～2モル濃度に調節した後、リチウム二次電池の正極用層相構造酸化物を添加する。添加された層相構造酸化物は攪拌機を用いて均一にコーティングした後、遠心分離機又はろ過紙を用いてコーティングされた層相構造酸化物をろ過することになるが、遠心分離器を用いる場合、1000～2000rpmで10～60

分間回転させた後溶液を除去する。

【0017】ろ過されコーティングされた層相構造酸化物は、100～130℃で2～12時間真空乾燥させた後、酸素雰囲気または大気中で熱処理工程を経る。この時の熱処理温度は500～850℃で3～48時間内で熱処理するのが望ましい。熱処理温度や時間がこの範囲未満の場合には十分な結晶化を期待し難く、この範囲を超過する場合は酸化物自体が分解される恐れがあるため望ましくない。

【0018】リチウム二次電池の正極を製造するためには、前記熱処理後にコーティングされた層相構造酸化組成物を粉砕し、バインダーを有機溶媒に溶かした溶液に前記活物質がコーティングされた層相構造酸化組成物と導電材とをよく混合し混ぜた後、前記混合液をアルミニウムホイルに塗布し140℃前後の温度で真空オーブンで1～4時間乾燥させた後、プレスを用いて圧着し製造する。

【0019】層相構造酸化物は、 $\text{LiCo}_{1-x}\text{M}_x\text{O}_2$ 、 $\text{LiNi}_{1-x}\text{M}_x\text{O}_2$ 、又は $\text{LiNi}_{1-x-y}\text{Co}_x\text{M}_y\text{O}_2$ （ここで、 $0 \leq x < 0.5$ 、 $0 \leq y < 0.5$ であり、MはMg、Sn、Mn、Srからなる群より選択された一

種である）を例として挙げることができる。
 【0020】一方、本発明にて用いることができる熱的安定性が優秀なリチウム転移金属酸化物には、 $\text{LiMn}_{1-x}\text{M}_x\text{O}_4$ 、 $\text{LiCo}_{1-x}\text{Al}_x\text{O}_2$ 、 $\text{LiNi}_{1-x}\text{Al}_x\text{O}_2$ 、 $\text{LiNi}_{1-x-y}\text{Co}_x\text{Al}_y\text{O}_2$ 、 $\text{LiNi}_{1-x-y-z}\text{Co}_x\text{M}_1\text{M}_2\text{O}_2$ （ここで、M1とM2はAl、Ni、Co、Fe、Mn、V、Cr、Cu、Ti、W、Ta、Mg、Moからなる群より選択された一種であり、X、Y、Zはそれぞれ酸化物組成元素の原子分率として $0 \leq x < 0.5$ 、 $0 \leq y < 0.5$ 、 $0 \leq z < 0.5$ を満足する値である）を例として挙げることができる。

【0021】

【実施例】以下、本発明を実施例及び実験例により具体的に説明するが、本発明がこれらにより限定されるものではない。

【0022】【実施例1】原料として反応槽にリチウム、マンガンのそれぞれのアセテートを1：2のモル比に称量したものを85℃の蒸留水に攪拌機を用いて溶かした後、グリコール酸を全金属イオンの1.7倍添加する。グリコール酸を添加した後、アンモニア水を添加しpHが7になるように調整する。その後、この溶液を6時間85℃で、濃度を維持しながら還流(reflux)させる。その後蒸留水を蒸発させることにより溶液の濃度を調節した後、リチウムコバルト酸化物(LiCoO_2)を添加する。添加されたリチウムコバルト酸化物は攪拌器を用いて均一に混合及びコーティングした後、遠心分離機を1500rpmで30分間回転させ溶液を除去しコーティングされたリチウムコバルト酸化物(LiMn_2O_4 -coated LiCoO_2)を得る。得られたコーティングされたリチウムコバルト酸化物は、120℃で2時間真空乾燥させた後酸素雰囲気にて800℃の温度で6時間の熱処理工程を経る。

【0023】図1は、リチウムマンガン酸化物がコーティングされたリチウムコバルト酸化物粉末の表面をEDSで分析した写真である。マンガンとコバルトとが共に表れることからリチウムコバルト酸化物の表面にリチウムマンガン酸化物がコーティングされたことを確認することができる。

【0024】一方、リチウム二次電池用正極は、まず、ポリ塩化ビニリデン(polyvinylidene)バインダーをN-メチルピロリジノン(N-methylpyrrolidinone)溶媒に溶かした後、その溶液に上述のように製造したリチウムマンガン酸化物がコーティングされたリチウムコバルト酸化物の活物質と一般的に二次電池に用いられる公知の導電材とをよく混合し混ぜた後、この混合液をアルミニウムホイルに塗布し140℃の真空オーブンで乾燥させた後プレスを用いて圧着し製造した。

【0025】このように製造されたリチウム二次電池用正極とリチウム金属ホイルを用いてステンレススチールで成された銅貨の形の試験用半電池を製造し充放電試験を行った。この時負極はリチウム金属を用いており、電解質は $\text{LiPF}_6/\text{EC}:\text{DEC}(1:1)$ を用いている。

【0026】【実施例2】層相構造酸化物としてリチウムニッケルコバルト酸化物を用いた点を除いて、実施例1と同様の条件により半電池を製造した。

【0027】図2はリチウムマンガン酸化物がコーティングされたリチウムニッケルコバルト酸化物粉末の表面をEDSで分析した写真である。マンガンとニッケル、そしてコバルト全てが表れることからリチウムニッケルコバルト酸化物の表面にリチウムマンガン酸化物がコーティングされたことを確認することができる。

【0028】【実施例3】出発原料としてリチウム、コバルト、アルミニウムのそれぞれのアセテートを1：0.95：0.05のモル比にした点を除いて、実施例1と同一な条件により半電池を製造した。

【0029】【実施例4】出発原料として、リチウム、ニッケル、アルミニウムそれぞれのアセテートを1：0.9：0.1のモル比にしたことを除いて、実施例1と同一条件により半電池を製造した。

【0030】【実施例5】出発原料として、リチウム、ニッケル、コバルト、アルミニウムのそれぞれのアセテートを1：0.8：0.15：0.05のモル比にした点を除いて、実施例1と同様の条件により半電池を製造した。

【0031】（実験例）

（実験1）リチウムマンガン酸化物がコーティングされたリチウムコバルト酸化物の常温での放電容量測定：図3は、リチウムマンガン酸化物(LiMn_2O_4)がコーティングされたリチウムコバルト酸化物(LiCoO_2)と、リチウムマンガン酸化物がコーティングされていないリチウムコバルト酸化物との常温での放電容量の変化を示すグラフである。

【0032】図3に示されるように、リチウムマンガ
ン酸化物がコーティングされたリチウムコバルト酸化物の
容量減少が非常に少ない。

(実験2) リチウムコバルトアルミニウム酸化物がコー
ティングされたリチウムコバルト酸化物の常温での放電
容量測定：図4は、リチウムコバルトアルミニウム酸化
物($\text{LiCo}_{0.95}\text{Al}_{0.05}\text{O}_4$)がコーティングされたリチウムコ
バルト酸化物(LiCoO_2)と、リチウムコバルトアルミニウ
ム酸化物がコーティングされていないリチウムコバルト
酸化物との常温での放電容量の変化を示すグラフであ
る。

【0033】図4に示されるように、リチウムコバルト
アルミニウム酸化物がコーティングされたリチウムコバ
ルト酸化物の容量減少が非常に少なくなっている。

(実験3) リチウムマンガ
ン酸化物がコーティングされ
たリチウムコバルト酸化物の熱的安定性測定：図5は、
リチウムマンガ
ン酸化物(LiMn_2O_4)がコーティングされ
たリチウムコバルト酸化物(LiCoO_2)と、リチウムマンガ
ン酸化物がコーティングされていないリチウムコバルト
酸化物の電解質との反応による発熱量及び発熱温度を示
すグラフである。

【0034】図5に示されるように、リチウムマンガ
ン酸化物がコーティングされたリチウムコバルト酸化物
は、これがコーティングされていないリチウムコバルト
酸化物に比べて、発熱量が減少し、発熱温度も増加し、
熱的安定性が向上している。

【0035】(実験4) リチウムコバルトアルミニウム
酸化物($\text{LiCo}_{0.95}\text{Al}_{0.05}\text{O}_4$)がコーティングされたリチウ
ムコバルト酸化物の熱的安定性測定：図6は、リチウム
コバルトアルミニウム酸化物($\text{LiCo}_{0.95}\text{Al}_{0.05}\text{O}_4$)がコー
ティングされたリチウムコバルト酸化物(LiCoO_2)と、リ
チウムコバルトアルミニウム酸化物がコーティングされ
ていないリチウムコバルト酸化物の電解質との反応によ
る、発熱量及び発熱温度を示すグラフである。

【0036】図6に示されるように、リチウムコバルト
アルミニウム酸化物がコーティングされたリチウムコバ

ルト酸化物は、これがコーティングされていないリチウ
ムコバルト酸化物に比べて、発熱量が減少し、発熱温度
も増加し、熱的安定性が向上している。

【0037】

【発明の効果】本発明は熱的安定性の向上された高性能
リチウム二次電池の正極材料の開発に関し、特に現在ま
で常用化されている層相構造酸化物を代替することによ
りリチウム二次電池の安全性を向上させることができ
る。また、従来のリチウム二次電池に必須的なPTC素
子やベント(vent)などの高価な安全装置の使用を減らす
ことができるので、安価なリチウム二次電池を開発する
ことができる。

【0038】よって、携帯電話、カムコーダー及びプ
ートパソコンのような家電製品に用いられる二次電池市
場でのリチウム二次電池の比重を更に高め、特に、電池
の安全性が最も重要な性能因子である電気自動車の開発
に寄与するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】リチウムマンガ
ン酸化物がコーティングされ
たリチウムコバルト酸化物粉末の表面をEDSで分析した
グラフ。

【図2】リチウムマンガ
ン酸化物がコーティングされ
たリチウムニッケルコバルト酸化物粉末の表面をEDSで
分析したグラフ。

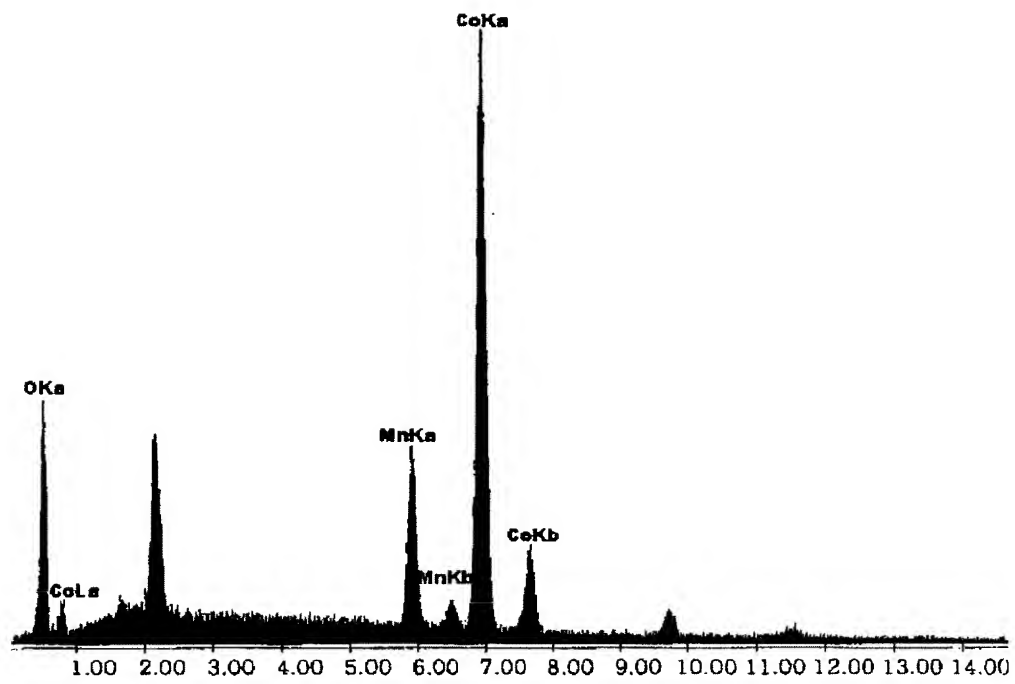
【図3】リチウムマンガ
ン酸化物がコーティングされ
たリチウムコバルト酸化物の常温での放電容量の変化を示
すグラフ。

【図4】リチウムコバルトアルミニウム酸化物がコー
ティングされたリチウムコバルト酸化物の常温での放電容
量の変化を示すグラフ。

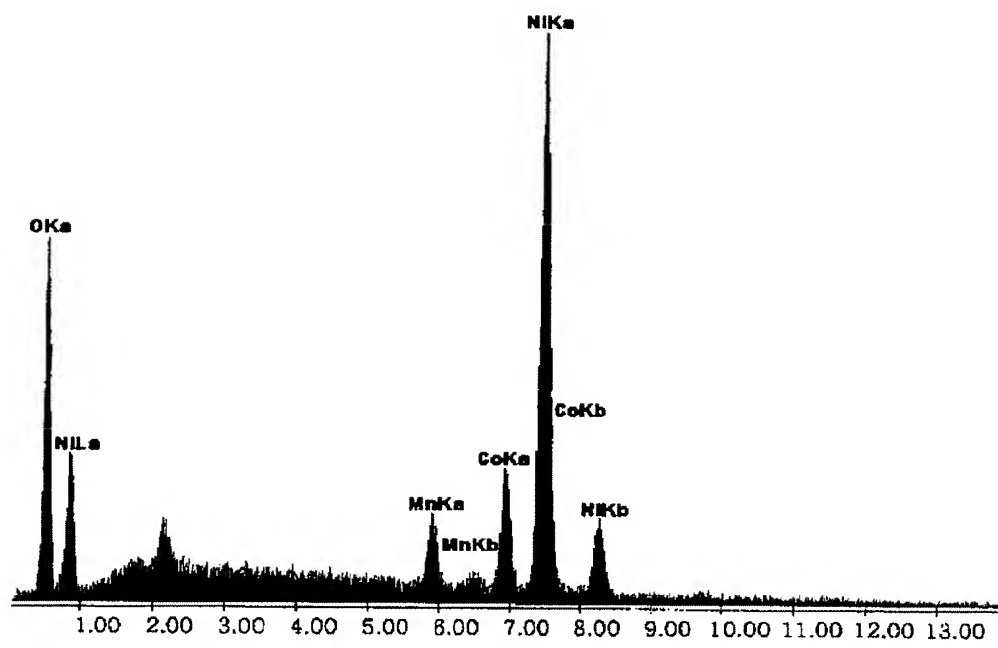
【図5】電解質を含むリチウムマンガ
ン酸化物がコー
ティングされたリチウムコバルト酸化物の熱的安定性をD
SCで分析したグラフ。

【図6】電解質を含むリチウムコバルトアルミニウム酸
化物がコーティングされたリチウムコバルト酸化物の熱
的安定性をDSCで分析したグラフ。

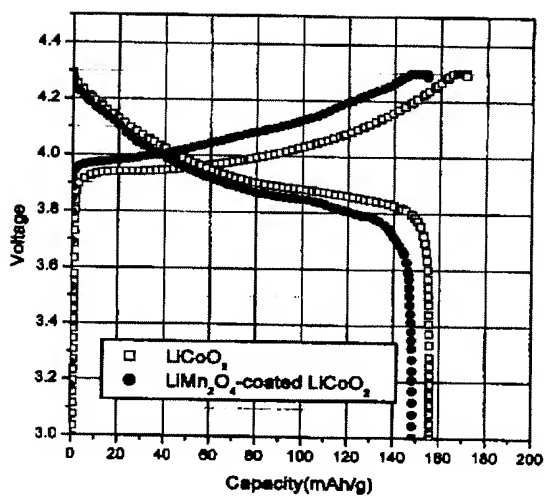
【図 1】



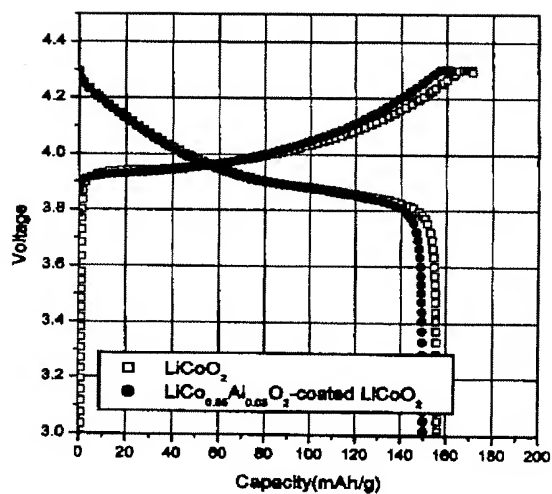
【図 2】



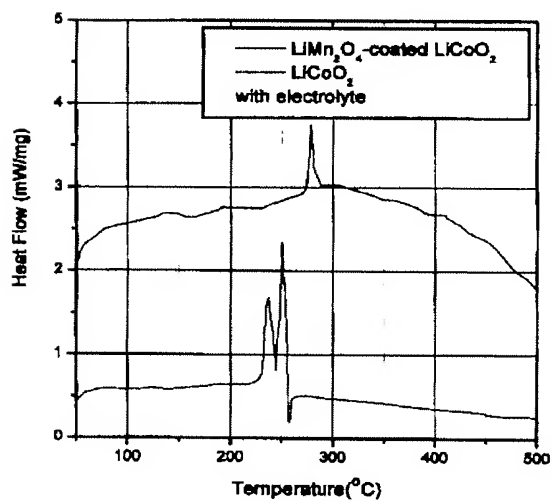
【図3】



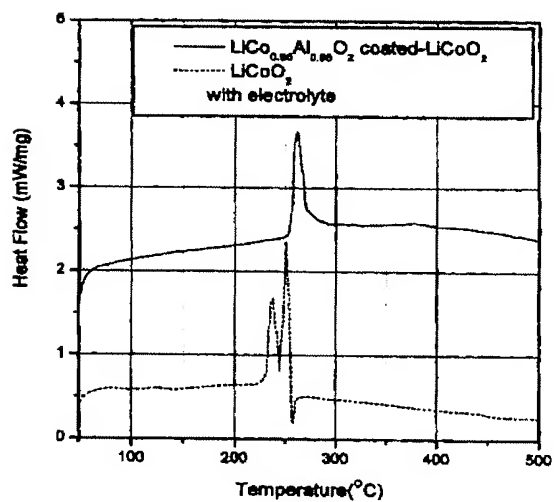
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 スン チュル バク
大韓民国, デジョン, ユソノーク, クソ
ードン 373-1 韓国科学技術院 マテ
リアルズ サイエンス エンジニアリング
部内

(72)発明者 キ テ キム
大韓民国, デジョン, ユソノーク, クソ
ードン 373-1 韓国科学技術院 マテ
リアルズ サイエンス エンジニアリング
部内

(72)発明者 ヨン ムック カン
大韓民国, デジョン, ユソンーク, クソ
ードン 373-1 韓国科学技術院 マテ
リアルズ サイエンス エンジニアリング
部内
(72)発明者 ヨウ ミン キム
大韓民国, デジョン, ユソンーク, クソ
ードン 373-1 韓国科学技術院 マテ
リアルズ サイエンス エンジニアリング
部内

(72)発明者 ヒュン ソク キム
大韓民国, デジョン, ユソンーク, クソ
ードン 373-1 韓国科学技術院 マテ
リアルズ サイエンス エンジニアリング
部内
F ターム(参考) 4G048 AA04 AB01 AB04 AB05 AC06
AD02 AE05
5H029 AJ12 AK03 AL12 AM03 AM05
AM07 BJ13 CJ02 CJ08 CJ12
CJ22 CJ28 HJ00 HJ01 HJ02
HJ10
5H050 AA15 AA19 BA16 CA08 CB12
FA18 GA02 GA10 GA22 GA27
HA02 HA10 HA14 HA20